

Talajok elektromos vezetőképességének meghatározása négyelektródás szondával

S. P. SINGH és B. PAL

Agrai Egyetem Raja Balwant Singh Intézete, Bichpuri—Agra (India)

A telítési talajpép és a telítési talajkivonat készítésének elkerülésére számos szerző javasolta és alkalmazta a négyelektródás szondát a talajok elektromos vezetőképességének mérésére. GUPTA és HANKS [3] vizsgálták a nedvességtartalom hatását két talaj elektromos vezetőképességére úgy, hogy a talajok sótartalmát mesterségesen KCl-dal állították be. Vizsgálati eredményeik alapján regressziós analízissel összefüggést állítottak fel a négyelektródás szondával a tetszőleges nedvességtartalomnál és a telítési nedvességtartalomnál mért vezetőképesség között.

Az arid és szemi-arid vidékeken a sós vizek és a sós talajok telítési kivonata többnyire mérhető mennyiségben tartalmaz kloridokat és szulfátokat, nátrium-, magnézium- és kalciumsók formájában, azonban a káliumklorid mennyisége az esetek többségében jelentéktelen.

A sós talajokban rendszerint előforduló sók mennyiségének a négyelektródás szondával történő meghatározása lehetővé teszi, hogy diagnosztikai célokra előrejelző összefüggéseket állítsunk fel, és így elkerülhessük a hosszadalmasabb laboratóriumi eljárásokat.

Jelen munkánkban azokról a négyelektródás szondás méréseinkről számolunk be, melyek során a talaj sótartalmát a jellemző sók változó összetételénél és koncentrációjánál, különböző nedvességtartalmak mellett határoztuk meg.

Anyag és módszer

EDLEFSEN és ANDERSON [2], KIRKHAM és TAYLOR [4], SHEA és LUTHIN [8], valamint RHOADES és munkatársai [6, 7] négyelektródás szondát használtak a talaj elektromos vezetőképességének a mérésére, amikor azt vizsgálták, hogy milyen hatással van rá a nedvességtartalom. RHOADES és INGVALSON [5] a talajok sótartalmának szabadföldi meghatározásánál az elektródák Wenner-féle elrendezését alkalmazták.

Jelen vizsgálatainkban az előbb említett szonda egyik laboratóriumi változatát használtuk, melynek specifikációi a következők:

A 30 cm hosszú, alul elkeskenyedő azbeszteső végén 1,5 cm-es távolságban elhelyezett négy ezüstgyűrűt a cső belsejében ólomdrót kötötte össze a csatlakozásokkal (1–4) és (2–3), melyek az áram áthaladását biztosították és egyben a feszültséget mérték (1. ábra).

A (2–3) csatlakozások közötti feszültségkülönbséget egy párhuzamosan kapcsolt elektromos millivoltmérővel mértük. Az oldatokat és a talajmintákat 7,5 cm átmérőjű, 400 ml űrtartalmú műanyag pohárba helyeztük. A szonda állandóját ismert specifikus vezetőképességű KCl-oldattal határoztuk meg a következő összefüggés alapján:

$$EC = \frac{I}{V} (P) \quad (1)$$

ahol

EC = az oldat elektromos vezetőképessége, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,

I = az áramerősség, mA,

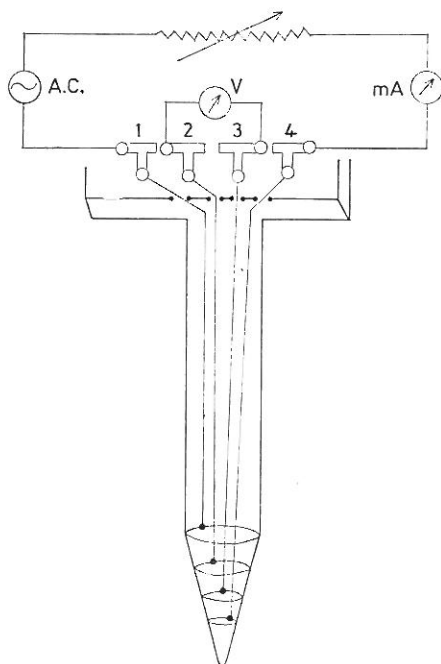
V = a feszültségkülönbség, mV,

P = a szonda állandója, cm^{-1} .

A mérések alapján $P = 4,752 \cdot 10^{-2} \cdot \text{cm}^{-1}$.

A vizsgálatokhoz használt talaj mechanikai összetétele: homokos-vályog; agyagfrakció: 19,0%, iszapfrakció: 15%, homokfrakció: 65%. A talajminta telítési értéke 28%, pH-értéke 8,0, kationcserélő kapacitása 12 mgeé/100 g talaj.

A kísérlet első sorozatában ismert koncentrációjú NaCl-, CaCl_2 -, MgCl_2 - és Na_2SO_4 -oldatokat készítettünk, melyek elektromos vezetőképessége a fenti specifikációjú szondával meghatározva 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0 és 20,0 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$



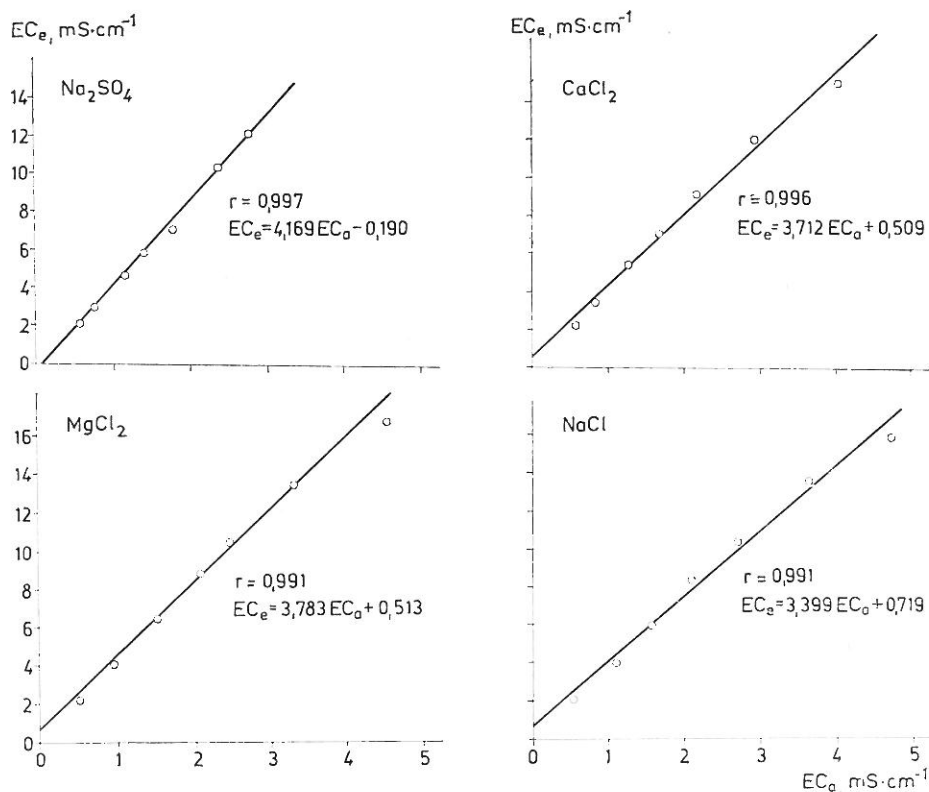
1. ábra

A négyelektródás vezetőképesség-mérő szonda sematikus vázlata

volt 25 °C-on. A talajmintából desztillált vízzel és az ismert elektromos vezetőképességű oldatokkal pépeket készítettünk. Ugyanazzal a szondával mértük a telítési pép és a telítési kivonat vezetőképességét. Ezeket az értékeket EC_a és EC_e szimbólumokkal jelöltük.

A kísérlet második sorozatában minden oldatból 350–350 ml-t vittünk a már ismertetett méretű műanyag poharakba. Az oldatokhoz 100–100 g talajt adagoltunk. A kapott szuszpenziót gondosan összekevertük, beállítottuk a poháron feltüntetett 350 ml-es jelre, a négyelektrodás szondát a szuszpenzió közepébe helyeztük és azonnal mértük a vezetőképességét. Ezzel az eljárással meghatároztuk az EC_a -értékeket mikor 100 g talaj 350, 175, 116,7, 87,5, 70, 58,3, 50 és 43,8 ml oldatot tartalmazott.

A kísérletek harmadik sorozatában a második sorozat sós talajmintáit megszáritottuk és finomra elporítottuk. A száraz porított mintákat 100 g-os adagokra osztottuk. A műanyag poharakba 300 ml desztillált vizet öntöttünk. A sós talajmintákat 100 g-os adagokban adtuk a desztillált vízhez. A szuszpenziót gondosan összekevertük, szintjét a pohár 300 ml-es jelére állítottuk be,



2. ábra

Összefüggés a telítési talajpép elektromos vezetőképessége (EC_a) és a talajkivonat elektromos vezetőképessége (EC_e) között különböző sók oldataival kezelt homokos vályogtalajnál

1. táblázat

Különböző sók különböző koncentrációjú oldataival kezelt homokos vályogtalaj telítési pépjének és kivonatának elektromos vezetőképessége négyelektrodás szondával mérve 25 °C-on

(1) A sóoldat és elektromos vezetőképessége, mS · cm ⁻¹	(2) A talajpép elektromos vezetőképessége (EC _a), mS · cm ⁻¹									(3) Talajkivo- nat elektro- mos vezető- képessége (EC _e), mS · cm ⁻¹
	$\theta = 28$	$\theta = 43,8$	$\theta = 50$	$\theta = 58,3$	$\theta = 70$	$\theta = 87,5$	$\theta =$ $= 116,7$	$\theta = 175$	$\theta = 350$	
a) Desztillált víz	0,55									
NaCl										
2,5	1,08	1,36	1,44	1,53	1,61	1,71	1,90	2,05	2,38	3,97
5,0	1,55	2,24	2,38	2,61	2,83	3,09	3,49	3,89	4,57	6,02
7,5	2,12	2,96	3,17	3,63	3,96	4,44	4,90	5,73	6,69	8,51
10,0	2,72	3,71	4,10	4,57	5,00	5,59	6,25	7,20	8,49	10,63
15,0	3,66	5,11	5,59	6,34	7,09	8,05	9,14	10,56	12,50	13,85
20,0	4,76	6,60	6,99	7,43	8,05	9,14	10,33	11,88	13,97	15,87
CaCl ₂										
2,5	0,84	1,19	1,28	1,36	1,49	1,58	1,73	1,96	2,24	3,43
5,0	1,27	1,95	2,14	2,35	2,58	2,90	3,26	3,71	4,40	5,34
7,5	1,73	2,83	3,13	3,44	3,83	4,32	4,66	5,53	6,34	7,12
10,0	2,15	3,55	3,96	4,32	4,75	5,40	6,17	7,20	8,64	9,11
15,0	3,01	4,75	5,26	5,80	6,94	7,67	9,14	10,56	12,51	12,08
20,0	4,08	6,69	7,43	8,34	9,23	10,56	12,19	13,98	16,97	15,02
MgCl ₂										
2,5	0,99	1,28	1,36	1,44	1,53	1,67	1,83	1,98	2,26	3,97
5,0	1,27	2,20	2,35	2,56	2,83	3,13	3,49	3,96	4,48	6,39
7,5	2,10	3,01	3,26	3,55	3,90	4,32	4,95	5,73	6,51	8,82
10,0	2,51	3,50	3,85	4,20	4,80	5,40	6,17	7,20	8,49	10,48
15,0	3,44	4,95	5,49	6,05	6,80	8,05	9,32	10,80	12,51	14,62
20,0	4,61	7,00	7,79	8,64	9,65	11,05	12,84	14,85	18,28	16,84
Na ₂ SO ₄										
2,5	0,75	1,23	1,36	1,44	1,53	1,65	1,79	2,00	2,22	2,92
5,0	1,14	1,73	1,90	2,10	2,33	2,83	3,13	3,60	4,24	4,63
7,5	1,39	2,58	2,86	3,13	3,55	3,96	4,57	5,17	6,25	5,85
10,0	1,79	3,30	3,60	4,03	4,48	5,06	5,80	6,84	8,05	7,12
15,0	2,40	4,57	5,11	5,80	6,51	7,43	8,64	10,11	12,19	10,29
20,0	2,78	6,40	7,00	7,67	8,60	9,90	11,73	13,58	16,39	11,11

θ = A talajhoz adott oldat térfogata, ml/100 g.

és megmértük az elektromos vezetőképességét. A méréseknél figyelembe vettük, hogy 300 ml térfogatnál a szonda állandója $4,95 \cdot 10^{-2} \cdot \text{cm}^{-1}$ volt. Minden adat 25 °C hőmérsékletre van megadva és tíz ismétlés középértéke.

Az eredmények ismertetése és következtetések

Az első kísérletsorozat mérési adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat a talajpép, valamint a talajkivonat elektromos vezetőképességének értékeit (EC_a és EC_e) tartalmazza növekvő oldat : talaj arány mellett, az oldat

2. táblázat

Összefüggés a telítési talajpép elektromos vezetőképessége (EC_a) és a talajhoz adott oldat térfogata (θ), valamint a desztillált víz térfogata (W) között

(1) A sóoldat és elektro- mos vezető- képessége, $mS \cdot cm^{-1}$	(2) Összefüggés EC_a és θ között		(3) Összefüggés EC_a és W között	
	(4) Regressziós egyenletek	(5) Korrelációs együtthatók	(4) Regressziós egyenletek	(5) Korrelációs együtthatók
NaCl				
2,5	$EC_a = 0,015 \theta + 0,674$	0,993	$EC_a = -0,00252 W + 1,161$	0,976
5,0	$EC_a = 0,035 \theta + 0,608$	0,990	$EC_a = -0,00349 W + 1,755$	0,970
7,5	$EC_a = 0,049 \theta + 0,757$	0,998	$EC_a = -0,00451 W + 2,326$	0,986
10,0	$EC_a = 0,061 \theta + 1,012$	0,999	$EC_a = -0,00433 W + 2,884$	0,976
15,0	$EC_a = 0,088 \theta + 1,206$	0,999	$EC_a = -0,00830 W + 3,915$	0,983
20,0	$EC_a = 0,090 \theta + 2,395$	0,982	$EC_a = -0,00108 W + 5,216$	0,972
CaCl ₂				
2,5	$EC_a = 0,018 \theta + 0,375$	0,984	$EC_a = -0,00189 W + 0,910$	0,988
5,0	$EC_a = 0,036 \theta + 0,297$	0,992	$EC_a = -0,00282 W + 1,384$	0,970
7,5	$EC_a = 0,058 \theta + 0,193$	0,989	$EC_a = -0,00400 W + 1,929$	0,975
10,0	$EC_a = 0,073 \theta + 0,194$	0,988	$EC_a = -0,00490 W + 2,350$	0,979
15,0	$EC_a = 0,092 \theta + 0,546$	0,980	$EC_a = -0,00683 W + 3,280$	0,983
20,0	$EC_a = 0,142 \theta + 0,231$	0,994	$EC_a = -0,00879 W + 4,459$	0,982
MgCl ₂				
2,5	$EC_a = 0,015 \theta + 0,585$	0,989	$EC_a = -0,00237 W + 1,096$	0,972
5,0	$EC_a = 0,034 \theta + 0,640$	0,991	$EC_a = -0,00353 W + 1,680$	0,971
7,5	$EC_a = 0,049 \theta + 0,794$	0,992	$EC_a = -0,00470 W + 2,276$	0,975
10,0	$EC_a = 0,057 \theta + 0,966$	0,996	$EC_a = -0,00562 W + 2,706$	0,975
15,0	$EC_a = 0,087 \theta + 1,050$	0,997	$EC_a = -0,00763 W + 3,736$	0,980
20,0	$EC_a = 0,135 \theta + 0,936$	0,996	$EC_a = -0,00999 W + 5,032$	0,992
Na ₂ SO ₄				
2,5	$EC_a = 0,024 \theta + 0,134$	0,977	$EC_a = -0,00153 W + 0,822$	0,990
5,0	$EC_a = 0,032 \theta + 0,272$	0,994	$EC_a = -0,00167 W + 0,869$	0,987
7,5	$EC_a = 0,059 \theta - 0,158$	0,982	$EC_a = -0,00252 W + 1,243$	0,981
10,0	$EC_a = 0,075 \theta - 0,194$	0,986	$EC_a = -0,00284 W + 1,501$	0,981
15,0	$EC_a = 0,114 \theta - 0,648$	0,991	$EC_a = -0,00493 W + 2,629$	0,987
20,0	$EC_a = 0,166 \theta - 1,489$	0,971	$EC_a = -0,00544 W + 3,019$	0,984

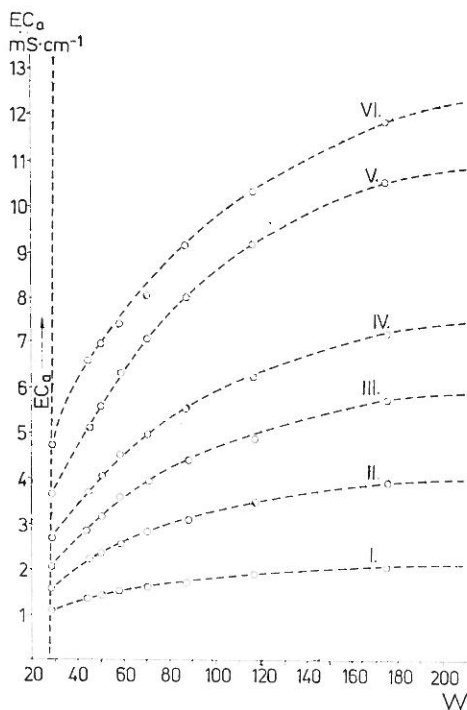
2,5-től 20 $mS \cdot cm^{-1}$ -ig növekvő vezetőképességi értékeinél. Az adatokból kitűnik, hogy a talajpasszta vezetőképessége nő az oldat sókoncentrációjának növekedésével.

A 2. táblázat a talajmintákhoz adott oldat térfogata (θ) és az adott nedvességtartalmú talajpép elektromos vezetőképessége (EC_a) közötti lineáris regressziós egyenleteket és az összefüggések korrelációs együtthatóit tünteti fel. A 100 g talajmintához adott oldat térfogata 28 és 350 ml között változott. Ugyancsak a 2. táblázatban közöljük a talaj nedvességtartalma (W , ml/100 g talaj) és a talajpép elektromos vezetőképessége közötti lineáris regressziós összefüggéseket és az ezekre vonatkozó korrelációs együtthatókat.

A 2. ábrán feltüntetjük a mérési adatok alapján a négy különböző sóra a regressziós összefüggést a telítési talajpép és a telítési kivonat elektromos vezetőképessége között, valamint az egyenlet korrelációs koefficiensét. Az ábra jól mutatja, hogy a telítési kivonat 15 $mS \cdot cm^{-1}$ vezetőképességig a kísérleti adatok gyakorlatilag rajta vannak a lineáris regressziós egyenlet alapján

számolt egyenesen. Ha a telítési kivonat elektromos vezetőképessége meghaladja a $15 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ értéket, a mérési pontok megnövekedett szórását a talajoldatban levő, vízben gyengén oldódó sók okozzák [1]. Az ábrán bemutatott lineáris függvények iránytangense NaCl esetében 3,4; CaCl_2 -nál 3,7; MgCl_2 -nál 3,8 és Na_2SO_4 -nál 4,2. Az egyenesek metszéspontja az ordinátán a sók előbbi sorrendjében 0,7; 0,5; 0,5 és $-0,2$. A telítési talajpaszta $1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ elektromos vezetőképessége mellett a telítési kivonat elektromos vezetőképessége 4,1; 4,2; 4,3; 4,0. Az utóbbi értékek matematikai középértéke $4,15 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Az adatok alapján feltételezhetjük azt, hogy kevert sókat tartalmazó talajoknál a talajpép mért elektromos vezetőképességét (EC_a) 4,15-tel szorozva jó közelítéssel megkapjuk a megfelelő talajkivonat elektromos vezetőképességét (EC_e). Na-, Ca- és Mg-kloridok esetében a telítési kivonat vezetőképességének változása a talajhoz adott oldatok koncentráció-értékeinek ($2,5 - 20 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) változásaival jó összhangban van, míg Na_2SO_4 jelenlétében az összefüggés viszonylag laza. Ez megerősíti azt, hogy Na_2SO_4 jelenlétében nagyobb mértékű a kicsapódás, az abszorpció, a megkötődés és kicserélődés [9]. Megfigyelték azonban azt is, hogy közel lineáris összefüggés van a rosszul oldódó só koncentrációja és a talajhoz adott oldat elektromos vezetőképessége között, közelítőleg $15 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ értékig.

A 2. táblázatban megadott egyenletek és az ezekből számolt függvények (3. ábra) azt mutatják, hogy a talajhoz adott oldat térfogata és az oldattal



3. ábra

A telítési talajpép elektromos vezetőképességének (EC_a) változása a talaj víztartalmával (W , ml/100 g) NaCl-oldatokkal kezelt homokos vályogtalajnál. (Lásd a 2. táblázat megfelelő /NaCl; $\text{EC}_a - W$ / regressziós egyenleteit.)

készített pép elektromos vezetőképessége (EC_a) közötti összefüggés 28 és 58,3 ml között közel lineáris. 58,3 ml-nél nagyobb oldattérfogat esetén a talaj-oldat rendszerben az oldatfázis az uralkodó és kísérleti szempontból a vezetőképességének mérése nem azonos a nedves talajpép elektromos vezetőképességének mérésével. Azonban a 3. ábra függvényeiből becsülhetőek a talaj-szuszpenzióra való átszámítási faktorok.

A kísérlet harmadik részében nyert és a 2. táblázatban közölt adatok, illetve a megfelelő egyenletek alátámasztják a korábbi vizsgálati eredményeket, s az ezekből számolt összefüggések ellenőrzésére szolgálnak. Nyilvánvaló az, hogy az oldat koncentrációjának növekedésével nő a nedvességtartalom EC_a függvény iránytangense az alkalmazott oldatok minden koncentrációjánál, jóllehet értéke még $20 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ elektromos vezetőképesség esetén is 0,01 nagyságrendű. Az iránytangens alacsony értéke arra utal, hogy a telítési százalék körüli nedvességtartalom becsülésének kisebb hibája nem befolyásolja jelentős mértékben a telítési pép elektromos vezetőképességének értékét. Az elektromos vezetőképesség kiegyenlítődik azáltal, hogy kisebb nedvességtartalomnál nagyobb a sók koncentrációja és fordítva, a nedvességtartalom növekedésével a sókoncentráció csökken [7]. Ez egyébként a függvény kis-értékű iránytangensének kétségtelen magyarázata is. A korrelációs együtthatók nagyon szignifikáns értékei minden esetben jól mutatják a kísérleti adatok megbízhatóságát, míg a négyelektródás szonda alkalmazásának előnyei nyilvánvalóak [3, 5].

Összefoglalás

Vizsgálatokat végeztünk négyelektródás szonda segítségével, NaCl-, CaCl_2 -, MgCl_2 - és Na_2SO_4 -oldatokkal különböző elektromos vezetőképességre beállított homokos vályogtalajon. A vizsgálatok célja az volt, hogy olyan összefüggést találjunk a talajpép és a talajkivonat elektromos vezetőképessége között, melynek ismeretében a pép elektromos vezetőképességét (EC_a) mérve a talajkivonatra vonatkoztatott érték (EC_e) megadható. A kísérletek szerint a talajpép elektromos vezetőképességét 4,15 értékű faktorial szorozva a talajkivonat vezetőképességét kapjuk.

Lineáris regressziós összefüggést állítottunk fel a talajpép vezetőképessége és a talajhoz adott oldat térfogata között, akkor ha a 100 g talajhoz adott oldat térfogata 28–58,3 ml között változott. A nedvességtartalom csekély változása a telítési százalék értéke körül a telítési pép elektromos vezetőképességét csak kissé befolyásolta. A korrelációs együtthatók értéke minden vizsgálatsorozatban nagymértékben szignifikáns volt, 0,97 és 0,99 között változott.

Irodalom

- [1] Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. (Ed.: RICHARDS, L. A.) USDA Handbook No. 60. USDA Washington. 1954.
- [2] EDLEFSEN, N. E. & ANDERSON, A. B. C.: The four-electrode resistance method for measuring soil-moisture content under field conditions. Soil Sci. **51**. 367–376. 1941.
- [3] GUPTA, S. C. & HANKS, R. J.: Influence of water content on electrical conductivity of the soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **36**. 855–857. 1972.

- [4] KIRKHAM, D. & TAYLOR, G. S.: Some tests of a four-electrode probe for soil moisture measurement. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **14**. 42–46. 1949.
- [5] RHOADES, J. D. & INGVALLSON, R. D.: Determining salinity in field soils with soil resistance measurements. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **35**. 54–60. 1971.
- [6] RHOADES, J. D. & SCHILFGAARDE, J. VAN: An electrical conductivity probe for determining soil salinity. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **40**. 647–651. 1976.
- [7] RHOADES, J. D., RAATS, P. A. C. & PRATHER, R. J.: Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **40**. 651–655. 1976.
- [8] SHEA, P. F. & LUTHIN, J. N.: An investigation of the use of the four-electrode probe for measuring soil salinity in situ. *Soil Sci.* **92**. 331–339. 1961.
- [9] WADLEIGH, C. H., GAUCH, H. G. & KOLISCH, M.: Mineral composition of orchard grass grown on Pachappa loam salinized with various salts. *Soil Sci.* **72**. 275–282. 1951.

Érkezett: 1981. október 8.

Soil EC Determinations by Four-Electrode Probe

S. P. SINGH and B. PAL

University of Agra, R. B. S. College, Bichpuri–Agra (India)

Summary

Four-electrode probe measurements were used to develop linear regression relations to convert soil EC (EC_a) into extract EC (EC_e) for a sandy loam soil having different EC levels due to NaCl, CaCl₂, MgCl₂ and Na₂SO₄ salts.

On the basis of the obtained data the conclusion has been drawn that a tentative factor of 4.15 with EC_a may be used to estimate extract EC. Linear regression relations were also developed between EC_a and the volume of salt solution (Θ) contained in 100 g of soil within limits 28 to 58.3 ml and between EC_a and the volume of water (W) contained per 100 g of salinized soil. The slight variation in water content (W) around saturation percentage has negligible effect on EC_a values. The correlation coefficients were highly significant in all cases and they ranged from 0.97 to 0.99.

Table 1. Four-electrode probe conductivities of the saturation pastes (EC_a) and saturation extracts (EC_e) of a sandy loam soil treated with various salt solutions of different concentrations at 25 °C. (1) Salt solutions and their various EC values, mS · cm⁻¹. a) distilled water. (2) EC of the saturation paste (EC_a), mS · cm⁻¹. (3) EC of the saturation extract (EC_e), mS · cm⁻¹. Θ = volume of solution added to the samples, ml/100 g soil.

Table 2. Correlations between EC_a and Θ , as well as between EC_a and W . (W = volume of distilled water added to the samples, ml/100 g soil.) (1) Salt solutions and EC values, mS · cm⁻¹. (2) Correlation between EC_a and Θ . (3) Correlation between EC_a and W . (4) Regression equations. (5) Correlation coefficients.

Fig. 1. Schematic representation of the four-electrode probe set up to measure EC.

Fig. 2. Relationship between soil paste EC (EC_a) and extract EC (EC_e) for a sandy loam soil treated with various salt solutions.

Fig. 3. Soil EC (EC_a) as affected by the water content (W , ml/100 g soil) in a sandy loam soil treated with NaCl solutions of various concentrations. (The corresponding regression equations are given in Table 2.)

Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der Böden mittels einer Sonde mit 4 Elektroden

S. P. SINGH und B. PAL

Abteilung für Physik und für Landwirtschaftliche Chemie des Raja Balwan Singh Institutes der Universität von Agra, Bichpuri—Agra (Indien)

Zusammenfassung

Es wurde mit NaCl -, CaCl_2 -, MgCl_2 - und Na_2SO_4 -Lösungen die elektrische Leitfähigkeit eines sandigen Lehmboodens auf verschiedene Werte eingestellt und mittels einer Sonde mit 4 Elektroden bestimmt. Das Ziel war durch die Ermittlung der Beziehung zwischen der elektrischen Leitfähigkeit von der Bodenpaste und dem Auszug des Bodens zu ermöglichen in Kenntnis der elektrischen Leitfähigkeit der Bodenpaste (EC_a) diejenige des Bodenauszeuges (EC_e) anzugeben. Den Versuchen entsprechend erhält man den Wert der elektrischen Leitfähigkeit des Bodenauszeuges indem man denjenigen der Paste mit dem Faktor 4,15 multipliziert.

Es wurde eine lineare Regression zwischen der Leitfähigkeit der Bodenpaste und dem Volumen der dem Boden hinzugefügten Lösung [$28-58,3 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ Boden] aufgestellt. Die geringfügige Abweichung des Feuchtigkeitsgehaltes vom Wert des Sättigungszustandes beeinflusst die elektrische Leitfähigkeit der Sättigungspaste nur wenig. Der Wert der Korrelationskoeffizienten war bei allen Versuchsserien hoch signifikant ($r = 0,97 - 0,99$).

Tab. 1. Elektrische Leitfähigkeit der Sättigungspaste und des Auszeuges eines mit Lösungen verschiedener Salze und verschiedenen Konzentrationen behandelten sandigen Lehmboodens, gemessen mittels einer Sonde mit 4 Elektroden bei 25°C . (1) Die Salzlösung und ihre elektrische Leitfähigkeit, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. (2) Elektrische Leitfähigkeit der Bodenpaste (EC_a). (3) Elektrische Leitfähigkeit des Bodenauszeuges (EC_e). Θ = Volumen der dem Boden hinzugefügten Lösung, $\text{ml}/100 \text{ g}$.

Tab. 2. Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Sättigungspaste (EC_a) und dem Volumen der dem Boden hinzugefügten Lösung (Θ), wie auch dem Volumen des destillierten Wassers (W). (1) Die Salzlösung und deren elektrische Leitfähigkeit, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. (2) Zusammenhang zwischen den Werten EC_a und Θ . (3) Zusammenhang zwischen den Werten EC_a und W . (4) Regressionsgleichungen. (5) Korrelationskoeffizienten.

Abb. 1. Schematische Darstellung der die elektrische Leitfähigkeit messenden Sonde mit 4 Elektroden.

Abb. 2. Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Sättigungspaste (EC_a) und derjenigen des Bodenauszeuges (EC_e) bei einem sandigen Lehmbooden, der mit verschiedenen Salzlösungen behandelt worden ist.

Abb. 3. Änderung der elektrischen Leitfähigkeit der Sättigungspaste (EC_a) dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens [$\text{ml}/100 \text{ g}$] entsprechend bei einem mit NaCl -Lösungen behandelten sandigen Lehmbooden. (Die diesbezüglichen Regressionsgleichungen sind in Tab. 2. angeführt.)

Определение электропроводности почв четырехэлектродным зондом

С. П. СИНГ и Б. ПАЛ

Институт Райя Балвант Синг Аграпского Университета, Отделение физики и Отделение сельскохозяйственной химии, Бичпури-Агра (Индия)

Резюме

С помощью четырехэлектродного зонда изучили электропроводность легкосуглинистых почв, созданную при обработке растворами CaCl_2 , NaCl , MgCl_2 , Na_2SO_4 . В опытах ставили целью найти такую зависимость между электропроводностью почвенной пасты и почвенной вытяжки, зная которую и измеряя электропроводность в почвенной пасте (EC_a), можно было бы дать величину, относящуюся к почвенной вытяжке (EC_e). По данным опыта, электропроводность измеренная в почвенной пасте и умноженная на фактор 4,15 может дать электропроводность почвенной вытяжки.

Установили прямую регрессионную зависимость между электропроводностью в почвенной пасте и объемом приливаемого раствора в том случае, если он изменяется в пределах 28–58,3 см³ на 100 г почвы. Незначительное изменение влажности, около величины процентного насыщения, почти не влияло на электропроводность пасты. Коэффициенты корреляции во всех сериях опыта были достоверными, имели величины 0,97–0,99.

Табл. 1. Электропроводность измеренная четырехэлектродным зондом при температуре 25 °C в пастах и вытяжках из легкосуглинистых почв, обработанных растворами различных солей различной концентрации. (1) Солевой раствор и электропроводность, мС.см⁻¹. (2) Электропроводность в почвенной пасте (ЕС_а). (3) Электропроводность измеренная в почвенной вытяжке (ЕС_е). Θ = объем раствора в мл/100 г, прилитого к почве.

Табл. 2. Зависимость между электропроводностью почвенной пасты (ЕС_а) и объемом прилитого к почве раствора (Θ), а также между объемом дистиллированной воды (W). (1) Солевой раствор и электропроводность. (2) Связь между ЕС_а и Θ . (3) Связь между ЕС_а и W. (4) Уравнения регрессии. (5) Коэффициенты корреляции.

Рис. 1. Схематический рисунок четырехэлектродного зонда для измерения электропроводности.

Рис. 2. Зависимость между электропроводностью в насыщенной почвенной пасте (ЕС_а) и электропроводностью в почвенной вытяжке (ЕС_е) из почв, обработанных различными соевыми растворами.

Рис. 3. Изменение электропроводности в насыщенной почвенной пасте (ЕС_а) в зависимости от изменения влажности (мл/100 г почвы) в легком суглинке обработанном растворами хлористого натрия. (Соответствующее регрессионное уравнение находится в таблице 2).